



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 23 665 C 2

97  
51 Int. Cl.<sup>6</sup>  
B 60 T 13/66  
F 16 H 25/22  
B 60 T 7/04

21 Aktenzeichen: 197 23 665.0-21  
22 Anmeldetag: 5. 6. 97  
43 Offenlegungstag: 11. 12. 97  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 22. 7. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

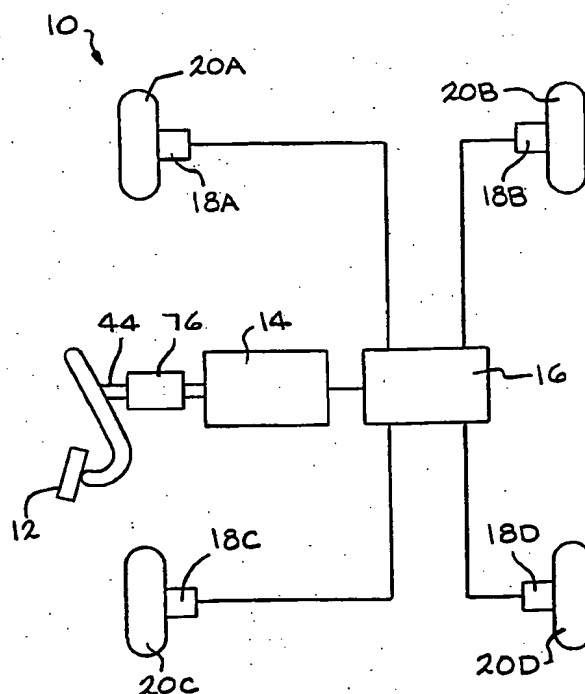
30 Unionspriorität:  
019381 05. 06. 96 US  
73 Patentinhaber:  
Varity Kelsey-Hayes GmbH, 55252 Mainz-Kastel, DE  
74 Vertreter:  
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541 München

72 Erfinder:  
Weigert, Thomas, 65812 Bad Soden, DE; Ferger,  
Robert L., 61352 Bad Homburg, DE; Kingston,  
Andrew W., 55262 Heidesheim, DE; Oliveri,  
Salvatore, 56341 Filsen, DE

55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 1 95 40 705 A1  
DE 37 35 315 A1  
US 47 84 442

- 54 Programmierbarer elektronischer Pedalsimulator  
57 Elektronischer Pedalsimulator (14) für ein Fahrzeug-  
bremssystem, mit:  
– einem Eingangsglied, das von einem Fahrzeugführer  
wahlweise verlagert wird,  
– einer Einrichtung zum Ermitteln eines Verhältnisses  
zwischen einer Stellung des Eingangsgliedes und einer  
Kraft, mit der der Fahrzeugführer das Eingangsglied ver-  
lagert, und  
– einer programmierbaren Federeinrichtung zum wahl-  
weisen Unterstützen und Entgegenwirken einer vom  
Fahrzeugführer bewirkten Verlagerung des Eingangsglie-  
des entsprechend einem vorbestimmten Verhältnis aus  
Stellung und Kraft.



DE 197 23 665 C 2

DE 197 23 665 C 2

Steuereinheit wirkt zur Realisierung solcher automatischen Bremsvorgänge mit den jeweils erforderlichen Sensoren (Raddrehzahlsensoren, Lenkwinkelsensor, Gierratensensoren etc.) zusammen.

Weiterbildungen und Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Pedalsimulators sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Pedalsimulators wird im folgenden anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Brake-by-Wire-Bremssystems, das einen erfindungsgemäßen elektronischen Pedalsimulator mit einer "programmierbaren Feder" umfaßt, und

Fig. 2 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des in Fig. 1 wiedergegebenen elektronischen Pedalsimulators in vergrößerter Darstellung.

In Fig. 1 ist ein allgemein mit 10 bezeichnetes Brake-by-Wire-Bremssystem dargestellt, das ein Bremspedal 12, einen elektronischen Pedalsimulator 14, eine elektronische Steuereinheit 16 und elektrische Bremseinheiten 18A bis 18D umfaßt, von denen je eine an jedem Rad 20A bis 20D des Fahrzeuges angeordnet ist. Wie noch näher erläutert werden wird, ist der elektronische Pedalsimulator 14 beim Niederdrücken des Bremspedals 12 durch den Fahrer des Fahrzeuges aktiv, so daß das Bremspedal mit einem gewünschten Pedalgefühl arbeitet, um dem Fahrer eine Rückmeldung zu geben, während die Bremsanforderung gemessen und ein Bremsanforderungssignal zur elektronischen Steuereinheit 16 gesandt wird. Die elektronische Steuereinheit 16 erzeugt ihrerseits Signale an die Bremseinheiten 18A bis 18D, um das Abbremsen der zugehörigen Räder 20A bis 20D des Fahrzeuges zu bewirken.

Die elektronische Steuereinheit 16 ist vorzugsweise dazu in der Lage, die Bremseinheiten 18A bis 18D einzeln zu steuern, um eine fortschrittliche Bremsansteuerung wie beispielsweise einen Antiblockierbetrieb, eine Antriebs-schlupfregelung (Traktionskontrolle), einen selektiven Bremsengriff zur Fahrzeugstabilisierung während der Fahrt (Stabilitätskontrolle), zur Unfallverhinderung und zum Verhindern eines Rückrollens am Berg oder ähnliches zu ermöglichen. Natürlich müssen hierzu geeignete Sensoren (nicht dargestellt) vorhanden sein, die entsprechende Signale an die elektronische Steuereinheit 16 abgeben, um solche fortschrittlichen Bremsansteuerungstechniken zu unterstützen. Solche Sensoren können beispielsweise Raddrehzahlsensoren, Lenkwinkelsensoren, Fahrzeuggiersensoren, ein Antikollisionsradar und ähnliches sein.

Obwohl die Bremseinheiten 18A bis 18D im vorliegenden Beispiel elektrisch betrieben sind, kann der Ausgang der elektronischen Steuereinheit 16 statt dessen auch dazu benutzt werden, den Betrieb einer hier nicht dargestellten Hydraulikpumpe zu steuern, die dazu verwendet werden kann, hydraulisch betriebene Bremseinheiten, die anstelle der elektrisch betriebenen Bremseinheiten 18A bis 18D vorgesehen sein können, mit Hydraulikdruck zu versorgen. Die elektronische Steuereinheit 16 könnte dabei den Betrieb von nicht gezeigten Ventilen steuern, um den von einer einzigen Hydraulikpumpe erzeugten Druck bezüglich der einzelnen Bremseinheiten zu regeln, oder sie kann einzelne Hydraulikpumpen an jeder Bremseinheit ansteuern, um die obengenannten fortschrittlichen Bremsansteuerungstechniken zu realisieren.

Unter Bezugnahme auf Fig. 2 wird nun der Aufbau einer bevorzugten Ausführungsform des elektronischen Pedalsimulators 14 beschrieben. Gemäß Fig. 2 hat der elektronische Pedalsimulator 14 einen Stellungssensor 32, eine Spindel 34, mehrere Planetenräder 36, eine Spindelmutter oder

Motorausgangswelle 38, einen als elektrischen Motor 40 mit umkehrbarer Laufrichtung und variablem Drehmoment ausgestalteten elektrischen Aktor und einen Kraftsensor 42. Das Bremspedal 12 ist über ein Bremspedalgestänge 44 funktionell mit dem Pedalsimulator gekoppelt. Wie noch erläutert werden wird, erzeugt der Stellungssensor 32 ein Signal an die elektronische Steuereinheit 16, das die relative Stellung der Spindel 34 und damit des Bremspedals 12 angibt, und der Kraftsensor 42 erzeugt ein Signal an die elektronische Steuereinheit 16, das die vom Fahrer ausgeübte Pedalkraft angibt. Die Signale von dem Stellungssensor 32 und dem Kraftsensor 42 werden dazu benutzt, den Betrieb des Pedalsimulators 14 zu überwachen und sie können darüber hinaus auch als Maß für die Bremsanforderung verwendet werden.

Vorzugsweise bilden die Spindel 34, die Planetenräder 36 und die Spindelmutter 38 eine Vorrichtung ähnlich derjenigen, wie sie im US-Patent 4 926 708 an Dietrich et al beschrieben ist. Auf den Inhalt des genannten US-Patents wird hiermit ausdrücklich verwiesen. Die Spindel 34 hat an ihrer Außenseite ein relativ feines Gewinde 46. Die Planetenräder 36 sind um die Spindel 34 herum angeordnet und drehen sich um die Spindel. Jedes Planetenrad 36 ist ebenfalls mit einem feinen Gewinde 48 versehen, das mit dem Gewinde 46 auf der Spindel 34 in Eingriff ist und dieselbe Steigung hat. Jedes Planetenrad 36 ist darüber hinaus mit einem groben Führungsgewinde 50 versehen, das mit einem groben Führungsgewinde 52 gleicher Steigung auf der Innenseite der Spindelmutter 38 in Eingriff ist. Die Axialbewegung der Spindel 34 kann so eine Drehung der Planetenräder 36 und der Spindelmutter 38 bewirken.

Die Spindelmutter 38 stützt eine Spindelmutterabdeckung 54 zur Drehung mit ersterer ab. Die Spindelmutterabdeckung 54 schützt die Planetenräder 36 vor Staub. Die Spindelmutter 38 stützt darüber hinaus die Planetenräder 36 zur Drehung in der Spindelmutter 38 ab und sie führt und stützt, durch die Planetenräder 36, die Spindel 34. Die Spindelmutter 38 ist zur Drehung mit einem Rotor 56 des Motors 40 gekoppelt. Die Spindelmutter 38 und der Rotor 56 sind durch ein Paar Lager 60 und 62 zur Drehung relativ zu einem Stator 58 des Motors 40 abgestützt. Das Lager 60 stützt die Spindelmutter 38 in bezug auf ein rohrförmiges inneres Gehäuse 64 ab, während das Lager 62 den Rotor 56 an einem inneren Gehäusedeckel 66 abstützt. Der innere Gehäusedeckel 66 wiederum ist am inneren Gehäuse 64 abgestützt. Der innere Gehäusedeckel 66 stützt das Lager 62 sowohl axial als auch radial. Ein zweiter innerer Gehäusedeckel 68 stützt das Lager 60 axial ab, während das innere Gehäuse 64 das Lager 60 radial abstützt. Das innere Gehäuse ist von einem rohrförmigen äußeren Gehäuse 70 und einem Paar gegenüberliegender Gehäusedeckel 72 und 74 umschlossen. Die Außengehäusedeckel 72 und 74 stützen das Innengehäuse 64 ab und legen es gegen eine deutliche Bewegung relativ zum Außengehäuse 70 des Pedalsimulators 14 fest. Der Kraftsensor 42 ist vorzugsweise am Außengehäusedeckel 74 angebracht, um die vom Bremspedalgestänge 44 auf den Pedalsimulator 14 ausgeübte Kraft zu messen. Die über das Bremspedalgestänge 44 ausgeübte Kraft wird durch die Spindel 34 auf die Planetenräder 38, die Spindelmutter 38 sowie durch die Lager 60 und 62 auf das Innengehäuse 64 und dann auf den Kraftsensor 42 übertragen.

Die Lage des Stellungssensors 32 und des Kraftsensors 42 kann von der hier dargestellten abweichen. Beispielsweise kann der Stellungssensor 32 so angebracht sein, daß er die Bewegung des Bremspedals 12 direkt mißt, und der Kraftsensor 42 kann zum direkten Messen der im Bremspedalgestänge 44 auftretenden Kräfte angeordnet sein.

der-/Dämpferkombination 76 überwacht. Eine solche Positionierung des Stellungssensors 32 erlaubt der elektronischen Steuereinheit 16, auf das sich ändernde Stellungssignal zu reagieren und den Elektromotor 40 zu aktivieren, bevor der durch die Feder-/Dämpferkombination 76 bereitgestellte Leerweg aufgebraucht ist.

Ein entscheidender Vorteil des elektronischen Pedalsimulators 14 besteht darin, daß eine aktive Programmiermöglichkeit hinsichtlich des Pedalgefühls und des Pedalwegs gegeben ist, das bzw. den ein Fahrzeugführer beim Niederdrücken des Bremspedals 12 wahrnimmt. Darüber hinaus stellt der elektronische Pedalsimulator 14 eine "programmierbare Feder" bereit, die kein Dämpfungselement benötigt, um dem Fahrzeugführer das angenehme Pedalgefühl zu vermitteln, das er üblicherweise beim Betätigen einer herkömmlichen hydraulischen Bremsanlage wahrnimmt, insbesondere bei Notbremsungen mit sehr schneller Bremspedalbetätigung. Des weiteren ermöglicht die programmierbare Feder des elektronischen Pedalsimulators 14 jede gewünschte Kraft-Weg-Charakteristik, einschließlich einer gewünschten Hysterese und Dämpfung.

Der beschriebene Pedalsimulator 14 kann in Gestalt jedes geeigneten Bewegungswandlers ausgeführt werden, der eine axiale Bewegung in eine Drehbewegung umwandelt, wie etwa eine Kugelumlaufspindel oder eine andere Einrichtung, und der mit einem Elektromotor gekoppelt ist, der wie oben beschrieben gesteuert ist. Es liegt auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung, den Pedalsimulator als einen Linearantrieb mit variabler Kraft auszuführen, der mit dem Bremspedal gekoppelt ist, um einer Verlagerung des Bremspedals variabel und direkt entgegenzuwirken und um das Bremspedal in eine Ausgangsstellung zurückzuführen, ohne daß ein Bewegungswandler erforderlich wäre, der eine Linearbewegung in eine Drehbewegung wandelt.

#### Patentansprüche

1. Elektronischer Pedalsimulator (14) für ein Fahrzeugbremsssystem, mit:
  - einem Eingangsglied, das von einem Fahrzeugführer wahlweise verlagert wird,
  - einer Einrichtung zum Ermitteln eines Verhältnisses zwischen einer Stellung des Eingangsgliedes und einer Kraft, mit der der Fahrzeugführer das Eingangsglied verlagert, und
  - einer programmierbaren Federeinrichtung zum wahlweisen Unterstützen und Entgegenwirken einer vom Fahrzeugführer bewirkten Verlagerung des Eingangsgliedes entsprechend einem vorbestimmten Verhältnis aus Stellung und Kraft.
2. Pedalsimulator nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch
  - ein Bremspedal (12),
  - einen elektrischen Aktor, der funktionell mit dem Bremspedal (12) gekoppelt ist, um wahlweise eine Kraft auf letzteres auszuüben,
  - einen Stellungssensor (32) zum Erzeugen eines Stellungssignals in Abhängigkeit der Stellung des Bremspedals (12),
  - einen Kraftsensor (42) zum Erzeugen eines Kraftsignals in Abhängigkeit der von einem Fahrer auf das Bremspedal (12) ausgeübten Kraft, und
  - eine elektronische Steuereinheit (16) mit einem darin einprogrammierten, gewünschten Verhältnis zwischen dem Stellungssignal und dem Kraftsignal, wobei die elektronische Steuereinheit (16) ein tatsächliches Verhältnis zwischen dem Stellungssignal und dem Kraftsignal ermittelt, und dieses tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis vergleicht und den elektrischen Aktor (34, 36, 38, 40, 56) derart steuert, daß er wahlweise eine Kraft auf das Bremspedal (12) ausübt, um das tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis in Übereinstimmung zu bringen.
3. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor (34, 36, 38, 40, 56) einen Bewegungswandler (34, 36, 38), der eine Drehbewegung in eine Linearbewegung umwandelt, zum Koppeln eines Elektromotors (40) an das Bremspedal (12) aufweist.
4. Pedalsimulator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Bewegungswandler (34, 36, 38) eine Spindel (34) mit einem darauf ausgebildeten Gewinde (46), eine Spindelmutter (38) mit einem daran ausgebildeten Innengewinde (52) und mehrere Planetenräder (36) umfaßt, die mit den Gewinden (46) und (52) der Spindel (34) bzw. der Spindelmutter (38) zum Koppeln der Spindel (34) mit der Spindelmutter (38) in Eingriff sind, wobei die Spindel (34) mit dem Bremspedal (12) gekoppelt ist, um sich bei einer Verlagerung des Bremspedals mit diesem axial zu bewegen, und wobei die Spindelmutter (38) funktionell mit dem Drehausgang des Elektromotors (40) gekoppelt ist.
5. Pedalsimulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Gewinde an der Spindel (34) und an der Spindelmutter (38) selbsthemmend ist.
6. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor ein "aktiver" Aktor ist.
7. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor ein "passiver" Aktor ist.
8. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Feder-/Dämpfereinheit (76) funktionell zwischen dem Bremspedal (12) und dem elektrischen Aktor angeordnet ist, die einen unter Federvorspannung stehenden Leerweg zwischen dem Bremspedal (12) und dem elektrischen Aktor bereitstellt.
9. Pedalsimulator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellungssensor (32) die Stellung eines Bremspedalgestänges (44) überwacht, welches das Bremspedal (12) mit der Feder-/Dämpfereinheit (76) koppelt, um ein Stellungssignal in Abhängigkeit der Bremspedalstellung anzugeben.
10. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Bremspedal (12) durch den elektrischen Aktor hindurch mit einem Reservebremsssystem gekoppelt ist.

lungssignal und dem Kraftsignal ermittelt, und dieses tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis vergleicht und den elektrischen Aktor (34, 36, 38, 40, 56) derart steuert, daß er wahlweise eine Kraft auf das Bremspedal (12) ausübt, um das tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis in Übereinstimmung zu bringen.

3. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor (34, 36, 38, 40, 56) einen Bewegungswandler (34, 36, 38), der eine Drehbewegung in eine Linearbewegung umwandelt, zum Koppeln eines Elektromotors (40) an das Bremspedal (12) aufweist.
4. Pedalsimulator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Bewegungswandler (34, 36, 38) eine Spindel (34) mit einem darauf ausgebildeten Gewinde (46), eine Spindelmutter (38) mit einem daran ausgebildeten Innengewinde (52) und mehrere Planetenräder (36) umfaßt, die mit den Gewinden (46) und (52) der Spindel (34) bzw. der Spindelmutter (38) zum Koppeln der Spindel (34) mit der Spindelmutter (38) in Eingriff sind, wobei die Spindel (34) mit dem Bremspedal (12) gekoppelt ist, um sich bei einer Verlagerung des Bremspedals mit diesem axial zu bewegen, und wobei die Spindelmutter (38) funktionell mit dem Drehausgang des Elektromotors (40) gekoppelt ist.
5. Pedalsimulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Gewinde an der Spindel (34) und an der Spindelmutter (38) selbsthemmend ist.
6. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor ein "aktiver" Aktor ist.
7. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor ein "passiver" Aktor ist.
8. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Feder-/Dämpfereinheit (76) funktionell zwischen dem Bremspedal (12) und dem elektrischen Aktor angeordnet ist, die einen unter Federvorspannung stehenden Leerweg zwischen dem Bremspedal (12) und dem elektrischen Aktor bereitstellt.
9. Pedalsimulator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellungssensor (32) die Stellung eines Bremspedalgestänges (44) überwacht, welches das Bremspedal (12) mit der Feder-/Dämpfereinheit (76) koppelt, um ein Stellungssignal in Abhängigkeit der Bremspedalstellung anzugeben.
10. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Bremspedal (12) durch den elektrischen Aktor hindurch mit einem Reservebremsssystem gekoppelt ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

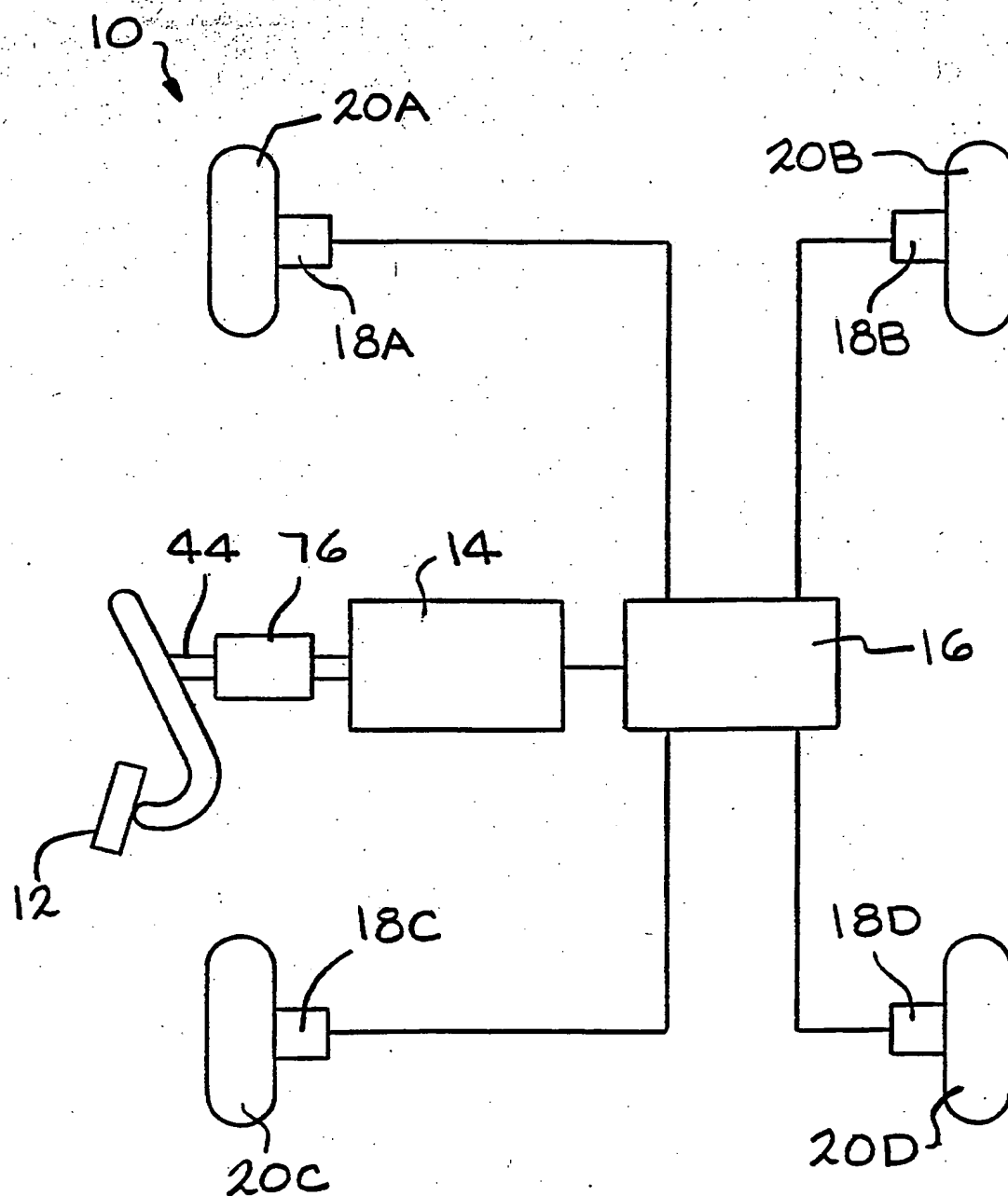


FIG. 1